

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-155322

(43)Date of publication of application : 08.06.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/667
G11B 5/02

(21)Application number : 11-336117

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 26.11.1999

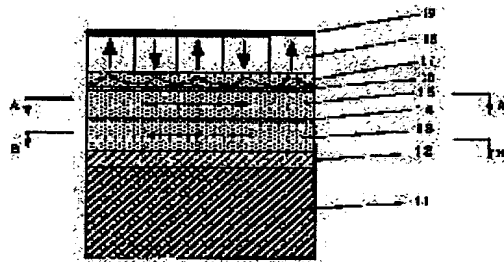
(72)Inventor : FUTAMOTO MASAOKI
YOSHIDA KAZUYOSHI
HONDA YUKIO
HIRAYAMA YOSHIYUKI
KIKUKAWA ATSUSHI

(54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC STORAGE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a perpendicular magnetic recording medium which is improved so as to be suitable for high-density magnetic recording and a magnetic storage device using this medium.

SOLUTION: The backing magnetic film of a two-layer perpendicular medium is made to have two or more layers so that one of these layers is used as a keeper layer 17 for keeping the perpendicular magnetization and the others are used as the layers 13, 15 for increasing the recording efficiency of a recording head by separating the functions of the medium. The generation of noise is reduced by regulating the magnetization direction of soft magnetic film other than the keeper layer to the peripheral direction of a disk.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.07.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-14799

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 31.07.2003

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-155322

(P2001-155322A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 5/667
5/02

G 1 1 B 5/667
5/02

5 D 0 0 6
B 5 D 0 9 1

審査請求 有 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平11-336117

(22)出願日 平成11年11月26日(1999.11.26)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 二本 正昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 吉田 和悦

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

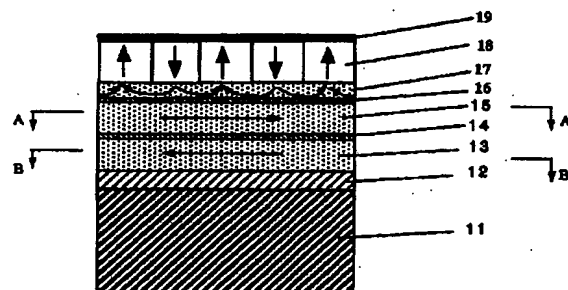
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及び磁気記憶装置

(57)【要約】

【課題】 高密度磁気記録に適するように改良された垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記憶装置を提供する。

【解決手段】 2層垂直媒体の裏打磁性膜を2層以上の多層化とし、垂直磁化を保持するキーパー層17と記録ヘッドの記録効率を上げるための層13、15に機能分離する。さらにキーパー層以外の軟磁性膜磁化方向ををディスクの周方向に規定することにより、ノイズの発生を低減する。



5nm以下になると熱揺らぎのために記録磁化強度が時間の経過につれて減少する問題が発生する。面内記録方式は、隣接する記録ビットの磁化が互いに向っており境界に幅をもった磁化遷移領域が形成されるという本質的な問題があるため、主として前記の理由が原因で 40Gb/in^2 以上の面記録密度を実現するためには、技術的な困難が予想されている。

【0003】垂直磁気記録方式は薄膜媒体の膜面に垂直に磁化を形成する方式で、記録原理や媒体ノイズの発現機構が従来の面内磁気記録媒体の場合とは異なる。垂直磁気記録方式は隣接する磁化が逆平行になるために、本質的に高密度磁気記録に適した方式として注目され、垂直磁気記録に適した媒体の構造などが提案されている。垂直磁気記録方式には単層の垂直磁化膜を用いる方式と垂直磁化膜に裏打ち磁性膜を設ける方式がある。裏打ち磁性膜を持つ2層垂直磁気記録媒体を用いる技術は、例えばIEEE Transaction on Magnetics, Vol. MAG-20, No. 5, September 1984, pp. 657-662, "Perpendicular Magnetic Recording-Evolution and Future" に記述されている。この方式の垂直磁気記録媒体としては、パーマロイなどの軟磁性膜層からなる裏打ち層上にCo-Cr合金からなる垂直磁化膜を設けた媒体が検討されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】2層垂直磁気記録媒体を用いる垂直磁気記録方式により 40Gb/in^2 以上の高密度磁気記録が可能な磁気記憶装置を実用化するためには、媒体ノイズの低減、記録磁化からの磁気信号強度の確保及び記録ヘッドの記録効率の向上が不可欠である。

【0005】媒体ノイズは、垂直磁化膜と裏打ち磁性膜の双方から発生しており、特に裏打ち磁性膜から発生するスパイク状のノイズが問題となっていた。このようなノイズの例は、例えばIEEE Transaction on Magnetics, Vol. MAG-20, No. 5, September 1984, pp. 663-668, "Crucial Points in Perpendicular Recording" に記述されている。このような問題に対して、裏打ち磁性膜の下部に面内磁化膜を形成する方法が、例えば日本応用磁気学会誌, Vol. 21, Supplement No. S1, pp. 104-108, "3層垂直媒体の高S/N化及び記録信号の安定性" に見られるように提案されているが、 40Gb/in^2 以上の高密度磁気記録が可能な磁気記憶装置を実用化するためには必ずしも十分ではなかった。

【0006】記録磁化からの磁気信号強度を確保する点では、2層垂直磁気記録媒体は裏打ち軟磁性膜を持たない単層垂直磁気記録媒体に比べてほぼ2倍の信号強度が得られる特徴があるが、前述のように裏打ち軟磁性層に固有なスパイク状ノイズが伴う問題点があった。2層垂直媒体と単磁極型の記録ヘッドを組み合わせた磁気記録系では、記録ヘッドの記録効率をあげるために、記録ヘッドから漏洩する磁束のヘッドへの速やかな回帰を促す

必要がある。このため裏打ち軟磁性膜の厚さは記録用の垂直磁化膜の厚さに比べて少なくとも数倍以上が必要とされていた。

【0007】本発明の目的は、2層垂直磁気記録媒体と単磁極型記録ヘッドからなる磁気記録系の特徴である、

(1) 高密度磁気記録性、(2) 記録磁化信号強度の確保、(3) 記録ヘッド効率を確保して、従来からの大きな問題となっていた裏打ち磁性膜に固有のノイズを防ぐ方法を提供することにより、 40Gb/in^2 以上の高速、高密度記録密度を実現するための垂直磁気記録媒体を提供し、高密度記録再生装置の実現を容易ならしめることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】低ノイズ特性、記録ヘッドの高記録効率性、記録ビットからの高信号出力性を持つ垂直磁気記録媒体を実現するために本発明では、非磁性基板上に裏打ち磁性膜を介して垂直磁化膜が設けられた垂直磁気記録媒体において、裏打ち磁性膜が少なくとも非磁性層で互いに分割された2層以上の軟磁性膜を含んでおり、垂直磁化膜に近い側の軟磁性膜が垂直磁化を保持する軟磁性キーパー層の役割を担い、基板側に近い軟磁性膜の磁化は前記軟磁性キーパー層とは独立の方向を持つことを特徴とする垂直磁気記録媒体で構成されていることを特徴とする。

【0009】2層垂直磁気記録媒体における裏打ち磁性膜の役割は、(1) 垂直磁化膜に記録された磁化を安定化させるとともに媒体表面から漏洩する磁化強度を増大させる、(2) 記録ヘッドの記録効率を増大させる、ことにある。本発明者は実験及び考察により、裏打ち軟磁性膜を特定の構成で多層化することにより、上記特徴を生かしつつ従来の問題点を克服できることを見出した。

【0010】図1及び図2を参照しながら、本発明による垂直磁気記録媒体の構造と作用について説明する。図1は本発明による垂直磁気記録媒体の断面模式図、図2は軟磁性膜の磁化方向を示すそのA-A断面模式図及びB-B断面模式図である。本発明では、裏打ち軟磁性膜の基本構造として、垂直磁化膜に記録された磁化を安定化させるとともに媒体表面から漏洩する磁化強度を増大させる役割を持った軟磁性膜17と、この磁性膜に加えて記録ヘッドの記録効率を特に向上するために設ける軟磁性膜13、15が互いに非磁性層16で分離されている構造を採用する。図1には、後者の役割を果たす軟磁性膜が2層の場合を示した。

【0011】2層垂直媒体に固有なスパイク状のノイズは、裏打ち軟磁性膜に入る磁壁に関連して発生することが知られている。本発明では、図2に示すように、裏打ち軟磁性膜の主要部分を占める軟磁性膜13、15の磁化方向20、21を互いに逆平行とさせ、しかも基板11が円板状である場合には、磁化の方向を円板基板の周方向に揃える。周方向に磁化の向きを設定することによ

る。

【0018】軟磁性膜の間を分離する非磁性材料としては、B, C, Mg, Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Auから選ばれた元素もしくはこれらの元素を主成分とする合金、 Si_3N_4 , BN, B_4C , NiO , Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , ZrO_2 , MgO から選ばれた化合物もしくはこれらの化合物の混晶のいずれかを用いることができる。磁気記録の高周波記録特性を改善するためには、非磁性材料として電気抵抗の高いB, C, Si, Si_3N_4 , BN, B_4C , NiO , Al_2O_3 , SiO_2 , CaO から選ばれた材料もしくはこれらいずれかの材料を主成分とする混晶材料が適当である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明を実施例により詳細に説明する。

【実施例1】直径2.5インチのガラス基板を用いて、直流マグネトロンスパッタ法によって、図1の模式図に示す断面構造を持つ磁気記録媒体を作製した。基板11上に、反強磁性材料の $\text{Fe}-50\text{at}\%\text{Mn}$ 膜12を50nm厚、軟磁性層13として $\text{Co}-5\text{at}\%\text{Nb}-5\text{at}\%\text{Zr}$ 膜を50nm厚、非磁性材料層14としてCu膜を3nm、再び軟磁性膜15として $\text{Co}-5\text{at}\%\text{Nb}-5\text{at}\%\text{Zr}$ 膜を50nm厚、非磁性膜16としてC膜を10nm厚、軟磁性膜17として飽和磁化が1.6Tの $\text{Fe}-8\text{at}\%\text{Si}-10\text{at}\%\text{B}$ 膜を30nmの厚さ形成し、その上に垂直磁化膜18として $\text{Co}-20\text{at}\%\text{Cr}-8\text{at}\%\text{Pt}-3\text{at}\%\text{B}$ 膜を25nm、保護膜19としてカーボン膜を5nmの厚さ、この順序で形成した。スパッタのArガス圧力を3mTorr、スパッタパワー20W/cm²、基板温度250℃の条件で形成した。同様な条件で、垂直磁化膜18の直下に設けた軟磁性膜17を $\text{Fe}-10\text{at}\%\text{B}-2\text{at}\%\text{C}$, $\text{Fe}-8\text{at}\%\text{B}-2\text{at}\%\text{C}-4\text{at}\%\text{Si}$, $\text{Fe}-5\text{at}\%\text{Ta}-3\text{at}\%\text{C}$, $\text{Fe}-9\text{at}\%\text{Si}-5\text{at}\%\text{Al}-1\text{at}\%\text{Ni}$, $\text{Co}-5\text{at}\%\text{Fe}-4\text{at}\%\text{C}$, $\text{Co}-6\text{at}\%\text{Fe}-4\text{at}\%\text{B}-10\text{at}\%\text{Si}$ 合金とした以外は前記と同様な垂直媒体を作製した。

【0020】比較試料1として、厚さ300nmの $\text{Ni}-20\text{at}\%\text{Fe}$ パーマロイの単層からなる裏打磁性膜をガラス基板上に形成し、 $\text{Co}-20\text{at}\%\text{Cr}-8\text{at}\%\text{Pt}-3\text{at}\%\text{B}$ 膜を25nm、保護膜19としてカーボン膜を5nmの厚さとした試料を同様のスパッタ条件で作成した。比較試料2として、比較試料1において軟磁性膜と基板の間に反強磁性材料の $\text{Fe}-50\text{at}\%\text{Mn}$ 膜を形成した垂直磁気記録媒体を作成した。

【0021】作製した垂直磁気記録媒体の軟磁性膜にディスク周方向に磁化を付与するために、磁場中熱処理を行った。試料を真空熱処理装置に導入し、ディスク面に対して直角となるようにディスク中心部の孔に電気導線を通した。電気導線に通電することによって、ディスクの周方向に回転する磁場を形成しつつ、試料の温度を250℃から室温まで冷却することによって磁場中熱処理を行った。カー効果顕微鏡によって軟磁性膜の磁化の方向を観察したところ、比較試料も含めて磁化の方向は太略図2に示すようにほぼディスクの周方向に揃っていることを確認した。

【0022】ついで、これらの試料の記録再生特性を記録再生分離型の磁気ヘッドを用いて評価した。単磁極型記録ヘッドの $\text{Fe}-\text{Ni}$ 合金磁極のトラック幅は0.52μm、再生用の巨大磁気抵抗効果型(GMR)ヘッドのトラック幅は0.4μm、シールド間隔は0.08μm、測定時のスペーシングは0.02μmとした。400kFCIの磁気記録を行なった場合の媒体のS/Nは、比較試料1のS/Nに対する相対値として測定した。記録分解能は孤立波出力の半分となる線記録密度D50として、記録磁化強度は比較試料1に対する相対出力として400kFCIの記録信号出力を測定した。また、スパイク状のノイズの発生頻度を測定し、1トラック1周あたり1個以上検出された場合を×、ディスクの記録面をシークしてスパイク状ノイズが1個以上検出された場合を△、スパイク状ノイズが全く検出されなかった場合を◎として評価した。これらの結果を表1に示す。

【0023】

【表1】

は0.08 μ m、測定時のスペーシングは0.15 μ mとした。また、比較試料の単層垂直磁気記録媒体の磁気記録には、トラック幅0.52 μ mの薄膜リングヘッドを前記と同様のスペーシング条件で用いた。単層垂直媒体の再生出力検出には、巨大磁気抵抗効果型(GMR)ヘッド(トラック幅0.4 μ m、シールド間隔0.08 μ m)をスペーシング0.15 μ mの条件で用いた。250kFCI及び500kFCIの磁気記録を行なった場合の再生出力を測定し、単層垂直媒体の再生出力と相対比較した。また、軟磁性膜を持つ垂直磁気記録媒体のスパイク状ノイズの検出頻度を測定した。この測定では、ディスクサンプルのトラック1周当りのスパイクノイズのカウント数を測った。磁気ヘッドの位置をディスク上で1 μ mピッチで半径方向に移動させつつ、10トラックあたりのスパイクノイズの数として測定した。なお、単層垂直媒体では、このスパイク状ノイズは全く検出されなかった。これらの測定結果を図4と図5に示す。

【0029】記録信号の再生出力と軟磁性膜の膜厚の関係は、図4に示すように、軟磁性膜厚が増大するほど再生出力も増大する傾向が認められた。線記録密度が500kFCIの場合は膜厚が6nm以上で、また250kFCIの場合は膜厚が12nm以上の時、単層垂直媒体のそれぞれの記録信号に比べて1.25倍以上の出力になり、軟磁性下地膜による顕著な効果が認められた。一方、スパイクノイズの発生頻度は、図5に示すように、軟磁性膜厚が100nm以上になると10トラック周あたりの発生頻度が1個以上となることが確認された。

【0030】すなわち、磁気記録における最短のビット長を B_{min} 、垂直磁化膜の平均の飽和磁化を M_s とすると、単層垂直磁化膜に記録した場合よりも1.25倍以上大きな再生出力を得るためには、 $0.5B_{min} \cdot M_s \leq B_{sm} \cdot t$ の範囲が必要であり、また軟磁性膜の膜厚がほぼ100nm以上になるとスパイク状ノイズの発生が顕著になることが確認された。

【0031】また、本実施例で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子としてGMRヘッドを用いた2.5インチの磁気記憶装置を作製した。最大線記録密度500kBPI(Bit per Inch)、トラック密度80kTPI(Track per Inch)からなる面記録密度40Gb/in²の条件でエラーレート 10^{-9} が確保でき、超高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0032】【実施例3】直径2.5インチのガラス基板を用いて、マグネトロンスパッタ法によって、図6に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。ガラス製基板61上に、非磁性Cr層62を10nm厚、強磁性Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta層63を15nm厚、軟磁性Co-6at%Nb-3at%Zr膜64を150nm厚、非磁性Si-15at%B膜65を8nm厚、軟磁性Fe-4at%Si

-3at%Al膜66を40nm厚、非磁性Si膜67を5nm厚、非磁性Co-35at%Cr-15at%Ru膜68を5nm厚、垂直磁化膜Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta膜69を20nm厚、垂直磁化膜Co-17at%Cr-16at%Pt膜70を2nm厚、保護膜としてカーボン膜71を4nmの厚さ、順次形成して垂直磁気記録媒体を作製した。ここで基板に近い側に設けた軟磁性膜の飽和磁化強度は1T、垂直磁化膜に近い側に設けた軟磁性膜の飽和磁化強度は1.4Tであり、後者の飽和磁化値が大きくなるように設定した。

【0033】また、前記の軟磁性Fe-4at%Si-3at%Al膜66の代わりに、いずれも飽和磁化が1.1T以上である、Co-5at%Nb-2at%Zr膜、Co-4.5at%Ta-3at%Zr膜、Co-4at%Mo-3at%Zr膜、Co-4at%W-3at%Zr膜、Co-4at%Nb-3at%Hf膜、Co-3.5at%Ta-2at%Hf膜、Co-3at%Mo-3at%Hf膜、Co-3.2at%W-3at%Hf膜を設けた以外は同様の構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。

【0034】さらに、図6における積層垂直磁化膜69、70の代わりにCo-50at%Pt単層膜(膜厚:20nm)、Fe-50at%Pt単層膜(膜厚:20nm)、[(Co:2nm)/(Pt:1nm)]10多層膜、[(Co-16at%Cr-4at%Ta:2nm)/(Pt:1nm)]10多層膜、[(Co-20at%Cr-6at%B:2nm)/(Pd:1nm)]10多層膜、非晶質Tb-12at%Fe-15at%Co垂直磁化膜(膜厚:25nm)を設けた以外は同様の構造の垂直磁気記録媒体を作製した。多層膜の表示において、例えば[(Co:2nm)/(Pt:1nm)]10多層膜は、2nm厚のCo膜と1nm厚のPt膜の組み合わせを合計10組積層した構造であることを示す。

【0035】作製した垂直磁気記録媒体の軟磁性膜にディスク周方向に磁化を付与するために、磁場中熱処理を行った。試料を真空熱処理装置に導入し、ディスク面に対して直角となるようにディスク中心部の孔に電気導線を通した。電気導線に直流を通電することによって、ディスクの周方向に右回りに回転する磁場を形成しつつ、試料の温度を300℃から室温まで冷却することによって磁場中熱処理を行った。カー効果顕微鏡によって軟磁性膜の磁化の方向をディスク周辺部の断面で観察したところ、軟磁性膜の磁化は円板状のディスクのほぼ周方向右回りに揃っていることを確認した。

【0036】比較例として、基板61上に、非磁性Cr層62を10nm厚、強磁性Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta層63を15nm厚、軟磁性Co-6at%Nb-3at%Zr膜64を200nm

試料	磁体を構成する磁性膜			記録再生特性		
	軟磁性膜	垂直磁化膜		記録分解能 D50 (nFC)	S/N (相対値)	スパイクノイズ
1	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	315	1.43	◎
2	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	Co-50at%Pt (20nm)	275	1.21	○
3	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	Fe-50at%Pt (20nm)	286	1.20	○
4	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	((Co-2nm)/(Pt-1nm))10	284	1.22	○
5	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	((Co-16at%Co-4at%Ta-2nm)/(Pt-1nm))10	298	1.26	◎
6	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	((Co-20at%Co-6at%B-2nm)/(Pt-1nm))10	294	1.30	◎
7	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Fe-4at%Si-3at%Al (40nm)	Tb-12at%Fe-15at%Co (25nm)	283	1.29	◎
8	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-5at%Nb-2at%Zr (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	310	1.41	◎
9	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-4.5at%Ta-3at%Zr (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	312	1.46	◎
10	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-4at%Mo-3at%Zr (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	305	1.44	◎
11	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-4at%W-3at%Zr (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	302	1.35	◎
12	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-4at%Nb-3at%Hf (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	311	1.31	◎
13	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-3.5at%Ta-2at%Hf (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	298	1.29	◎
14	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-3at%Mo-3at%Hf (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	316	1.30	○
15	Co-6at%Nb-3at%Zr (150nm)	Co-3.2at%W-3at%Hf (40nm)	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	321	1.33	○
16 (比較例)	Co-6at%Nb-3at%Zr (200nm)	-	Co-21at%Co-12at%Pt-2at%Ta (20nm)	265	1.0 (基準値)	×

【0039】表2に示されているように、本実施例の磁気記録媒体は、記録分解能とS/Nが大きくてしかも比較試料に比べて軟磁性下地膜から発生しやすいスパイク状ノイズが低減されており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。本実施例で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子として磁気トンネル現象を応用

した高感度再生ヘッドを用いた2.5インチの磁気記憶装置を作製した。面記録密度40Gb/in²の条件で、いずれの試作媒体においてもエラーレート10⁻⁸が確保でき、超高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0040】[実施例4] 図7に示す断面構造を持つ垂

【0044】【実施例5】実地例4と同様に、図7に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。直径1.8インチのガラス基板72上に厚さ10nmのFe-50at%Pt強磁性膜73、厚さT₁nmのFe-25at%Ni軟磁性膜74、厚さ5nmのCu非磁性膜75、厚さT₂nmのCo-6at%Nb-3at%Zr軟磁性膜76、厚さ5nmのSiO₂非磁性膜77、厚さ20nmのFe-5at%Ta-10at%C軟磁性膜78、厚さ5nmのTi-10at%Cr膜79、厚さ20nmのCo-18at%Cr-12at%Pt-1at%Si-3at%B垂直磁化膜80、厚さ5nmのカーボン保護膜81を形成した一連の垂直磁気記録媒体を作製した。ここで、Fe-25at%Ni軟磁性膜73とCo-6at%Nb-3at%Zr軟磁性膜75のそれぞれの厚さ(T₁、T₂nm)を5nm~200nmの範囲で変化させた。

【0045】本実施例で用いた軟磁性膜の飽和磁化の値を測定したところ、Fe-25at%Ni軟磁性膜とCo-6at%Nb-3at%Zr軟磁性膜の値は1T、Fe-5at%Ta-10at%C軟磁性膜の値は1.6Tであった。これらの垂直磁気記録媒体を実地例2と同様な条件で磁場中熱処理を施し、軟磁性膜の磁化の方向をガラスディスク基板のほぼ周方向に規定した。

【0046】試作した垂直磁気記録媒体の記録再生特性の評価を記録再生分離型の磁気ヘッドを用いて行った。磁気ヘッドとして、以下の4種類を準備した。これら4種類の磁気ヘッドは磁極材料と磁極のトラック幅が異なるが、再生素子としては巨大磁気抵抗効果型(GMR)ヘッド素子のトラック幅は0.14μm、シールド間隔は0.07μmの共通の再生ヘッドを搭載しているものである。記録用の単磁極ヘッドの構成を、飽和磁化が1.6TのFe-Co磁極(トラック幅:0.15μm, 0.30μm, 0.50μm, 1.0μm)とした。磁気記録媒体と磁気ヘッドのスペーシングを0.02μmとして、記録再生特性を測定した。いずれの垂直磁気記録媒体でもスパイク状のノイズは観察されなかった。

【0047】それぞれの記録ヘッドの媒体への記録効率を評価するために、重ね書き特性(オーバーライト特性:O/W特性)を測定した。O/W特性は、まず媒体に高線記録密度(400kFCI)の信号を書いた上に低線記録密度(100kFCI)の信号を重ねて記録したときの高線記録密度信号の残存比率を-dB表示で測定することによって評価した。図8に、Fe-Ni軟磁性膜(T₁nm)、Co-Nb-Zr軟磁性膜(T₂nm)の厚さを同時に5nm~200nmの範囲で変化させた垂直磁気記録媒体の膜厚(T₁=T₂の条件で変化)とO/Wの関係を示す。図8の上部には、Σ(B_{sm}・T_m)の値を併せて示した。なお、Σ(B_{sm}・T_m)には、垂直磁化膜の近くに設けた厚さ20nmのFe-5

at%Ta-10at%C軟磁性膜の値も積算されている。

【0048】図8から明らかなように、記録ヘッドのトラック幅が小さくなるほど軟磁性膜厚が小さい領域で良好なO/Wが得られることが分かった。磁気記録装置として必要なO/W>30dBが得られるためには、記録ヘッド磁極材料の飽和磁化(B_{sh})、記録のトラック幅(T_w)と垂直磁気記録媒体の軟磁性膜の膜厚と飽和磁化の関係として、 $0.16B_{sh} \cdot T_w \leq \Sigma(B_{sm} \cdot T_m)$ を満たすことが必要であることが分かった。すなわち単磁極型の記録ヘッド効率の点では、目的とする面記録密度に対応して垂直磁気記録媒体に付随する軟磁性膜の膜厚と飽和磁化の大きさを調整することが有効である。磁気記録媒体の表面を平坦化するためには、なるべく軟磁性膜の総厚は小さい方が望ましく、 $\Sigma(B_{sm} \cdot T_m) \leq B_{sh} \cdot T_w$ でほぼ十分であることが確認された。

【0049】本実施例で試作したFe-Ni軟磁性膜、Co-Nb-Zr軟磁性膜、Fe-Ta-C軟磁性膜の膜厚をそれぞれ50nm, 50nm, 20nmとした垂直磁気記録媒体と記録トラック幅0.15μm, 再生トラック幅0.14μmの録再分離型ヘッドを組み合わせて、80Gb/in²の条件でエラーレートを測定したところ、10⁻⁸以下の値が得られた。

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、2層垂直磁気記録媒体のノイズ特性と磁気ヘッドによる記録効率を改善することができ、この結果、高速で高密度磁気記録が可能な磁気ディスク装置の実現が可能となる、特に、40Gb/in²以上の高密度磁気記録が可能となり、装置の小型化や大容量化が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による垂直磁気記録媒体の一例を示す断面模式図。

【図2】軟磁性膜の磁化方向を説明する断面模式図。

【図3】本発明による垂直磁気記録媒体の他の例を示す断面模式図。

【図4】磁気記録媒体の評価結果を示す図。

【図5】磁気記録媒体の評価結果を示す図。

【図6】本発明による垂直磁気記録媒体の他の例を示す断面模式図。

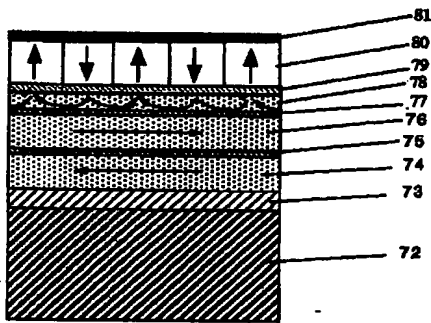
【図7】本発明による垂直磁気記録媒体の他の例を示す断面模式図。

【図8】磁気記録媒体の評価結果を示す図。

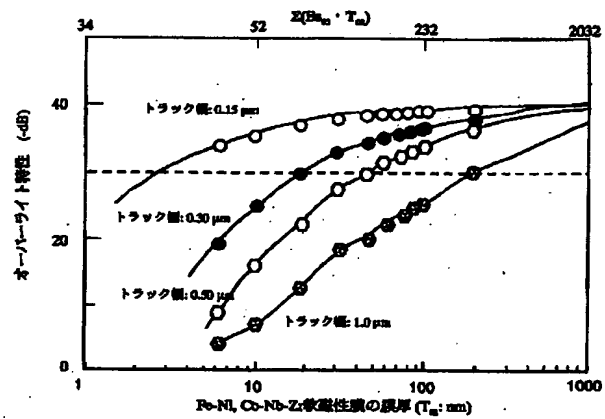
【符号の説明】

11…基板、12…反強磁性材料膜、13…軟磁性膜、14…非磁性材料層、15…軟磁性膜、16…非磁性膜、17…軟磁性膜、18…垂直磁化膜、19…保護膜、20…磁化の向き、21…磁化の向き、31…基板、32…非磁性膜、33…軟磁性膜、34…非磁性

【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 本多 幸雄
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者 平山 義幸
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 菊川 敦
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
Fターム(参考) 5D006 BB01 BB05 BB07 BB08 CA01
CA03 CA05 CA06 FA09
5D091 AA10 CC11 GG05 HH08